GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
FONDECYT

# INFORME FINAL

# PROYECTO FONDECYT REGULAR

| 1040668 | 2 AÑOS |
|---|---|
| NÚMERO PROYECTO | DURACIÓN |

| JOSÉ LUIS GIORDANO | [redacted] |
|---|---|
| INVESTIGADOR RESPONSABLE | RUT |
| [redacted] | 75-328.563 |
| DIRECCION | FONO |
| [redacted] giordano@utalca.cl | |
| **E-mail** | |

| CONTENIDO (MARQUE EL CASILLERO QUE CORRESPONDA) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **NO HAY** | **ADJUNTO** | **FUE ENVIADO (FECHA)** | **SERA ENVIADO (FECHA)** |
| Informe Final (en formulario) | | X | 30/ 03 /2006 | / / |
| Publicaciones | | X | 30/ 03 /2006 | / / |
| Resumen de Tesis de Grado | X | | / / | / / |
| Información acerca de inventos y patentes | X | | / / | / / |
| Otros (especificar)_____ | X | | / / | / / |
| Informe Incentivo Coop. Internacional (Si corresponde) | | X | 30/ 03 /2006 | / / |

**Firma Coinvestigadores**

_____

_____

_____

_____

**Firma Investigador Responsable**

_____

Fecha: __30_/_Marzo_/_2006

# CONTENIDO DEL INFORME FINAL

## I. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN EL PROYECTO.

| Objetivos (1er. Año, 2004) | ¿Cumplido? | | | Fundamentar el cumplimiento parcial o incumplimiento |
|---|---|---|---|---|
| | Sí | Parcial | No | |
| 1 Establecer metodología y realización de las principales **mediciones** | X | ☐ | ☐ | |
| 2 Desarrollar **sonda** para SQUID del Centro Atómico Bariloche (CAB) y preparación de **muestras** | X | ☐ | ☐ | |
| 3 **Modelamiento y análisis** de resultados experimentales | X | ☐ | ☐ | |
| 4 **Formación** y entrenamiento de estudiantes de Ingeniería en áreas de investigación | X | ☐ | ☐ | |
| 5 **Presentación** de resultados experimentales en **congresos** científicos | X | ☐ | ☐ | |
| 6 Preparar **manuscrito** para publicación de resultados, y preparar presentación a congresos | X | ☐ | ☐ | |

| Objetivos (2do. Año, 2005) | ¿Cumplido? | | | Fundamentar el cumplimiento parcial o incumplimiento |
|---|---|---|---|---|
| | Sí | Parcial | No | |
| 1 **Realizar experimentos adicionales y finales** | X | ☐ | ☐ | |
| 2 **Modelamiento y análisis** de resultados experimentales | X | ☐ | ☐ | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 **Formación** y entrenamiento de estudiantes de Ingeniería en áreas de investigación | X | ☐ | ☐ | |
| 4 Preparar **manuscrito** para publicación de resultados, y preparar presentación a congresos | X | ☐ | ☐ | |
| 5 **Presentación** de resultados experimentales en **congresos** científicos | X | ☐ | ☐ | |
| 6 Enviar **manuscrito** para publicación de resultados | X | ☐ | ☐ | |

**Otro(s) aspecto(s) que Ud. considere importante(s) en la evaluación del cumplimiento de los objetivos planteados en la propuesta original o en las modificaciones autorizadas por el Consejo.**

Otros aspectos relevantes dentro del **primer año (2004)** de desarrollo de proyecto son:

**(a)** Debido a la adjudicación de otro proyecto, el Fondecyt 1040666 (del que soy coinvestigador), a mediados del período (Sept. 2004), se instaló en el laboratorio un crio-refrigerador 10-300K de circuito cerrado de helio. Por lo tanto, durante la **primera visita al Centro Atómico Bariloche (CAB) (4 días, Abril 2004)**, además de discutir estrategia y metodología a seguir en las mediciones, se estudiaron 3 crio-refrigeradores en operación en el CAB, para decidir el modelo y accesorios que se adquirirían para nuestro Laboratorio en Curicó, con el 1040666, pero no solo para ese proyecto, sino para el desarrollo del área de Magnetismo y Superconductividad en general, que es uno de los objetivos generales de este proyecto 1040668.

**(b)** El crio-refrigerador instalado en Sept. 2004 en nuestro Laboratorio en Curicó, ha influido positivamente en el presente proyecto 1040668, que originalmente no consideraba la existencia de este equipo. En particular, se ha realizado y se continúa realizando una importante labor de desarrollo de sistemas de vacío, medición y diseño de portamuestras, en colaboración con colegas del CAB, para utilizarlo no solo en el 1040666 y en la caracterización de muestras del 1040668, sino para darle versatilidad y permitir futuros experimentos en el área de Magnetismo Aplicado y Superconductividad.

**(c)** La **segunda visita al CAB (2 semanas, Nov. 2004)** fue dedicada a diseño de la sonda y portamuestras para mediciones, preparación de muestras, y realización de mediciones, como estaba planificado. Como consecuencia del trabajo de fabricación de muestras realizado allí, se decidió modificar la sala de muestras de nuestro Laboratorio en Curicó.

En particular, se comenzó la puesta a punto de otro horno para preparación de muestras de mayor longitud, y se modificó la instalación existente para oxigenación de muestras en el horno. En este trabajo han colaborado jóvenes estudiantes de Ingeniería de nuestra Facultad, apoyados por el Ing. Químico Igor Ruíz-Tagle, quien también participó activamente en la preparación de muestras en el CAB, y diseño/compra del sistema de vacío para el crio-refrigerador.

**(d)** Debido a la salud del investigador responsable del 1040666, fue necesario viajar (2 semanas, Enero 2005) a Alemania (autorizado por Fondecyt). Por lo tanto, aprovechando la cercanía y la fecha, también se realizó una **visita (1 semana, Feb. 2005)** (también autorizada por Fondecyt) al Dr. Badía-Majós y al Dr. Luis A. Angurel de la **Universidad de Zaragoza (UZ)** España, para discutir los resultados de las mediciones realizadas en el CAB en Nov. 2004, en relación al presente proyecto 1040668, que estudia la distribución de corrientes en superconductores tecnológicos.

Hay que destacar que el comienzo de esta línea de investigación fue en 1997 con estos mismos colegas (Antonio Badía-Majós y Carlos López), que continuaron con modelos teóricos sin realizar mediciones, y con Luis Angurel con quien realicé la parte experimental durante mi residencia en España.

Deseo enfatizar que esta visita ha sido fundamental para discutir personalmente los resultados experimentales, y comenzar allí mismo a modelizar el comportamiento del superconductor en el régimen disipativo. Las observaciones fueron comparadas con simulaciones numéricas, y se planificaron futuros experimentos.

**(e)** Durante la visita (2 semanas, Marzo 2005) a nuestro Laboratorio del Dr. Luzuriaga (colaborador del CAB, Fondecyt 7040043), se discutió el trabajo de análisis realizado en Zaragoza, y se realizaron más avances en la interpretación de los experimentos y preparación de los próximos. Con estos resultados preliminares se envió el abstract a la **7th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS´05), Vienna University of Technology, Sept. 11-15, 2005** (http://www.eucas.at/): "Magnetization measurements of high-Tc superconductors under dissipative transport", de J.L. Giordano, J. Luzuriaga, I. Ruíz-Tagle, A. Badía-Majós y G. Nieva, el cual fue aceptado para presentación como poster en esa conferencia, y también a la **90ª. Reunión Nacional (Argentina) de Física (AFA´05), La Plata, Argentina, Sept. 26-29, 2005.**

Otros aspectos relevantes dentro del **segundo año (2005)**:

**(a)** Se ha continuado el desarrollo de la instalación del **crio-refrigerador** 10-300K adquirido con el proyecto 1040666 (2004-2005) del que soy coinvestigador, y del sistema de oxigenación de muestras superconductoras del horno para cerámicos.

**(b)** Con financiamiento de proyectos del Departamento de Física Teórica de la UZ, recibí la **visita de 2 semanas del Dr. Antonio Badía-Majós**. En su segunda semana, 28 de Julio 2005, realizamos una **estadía de una semana en el CAB**, Argentina, para realizar mediciones adicionales, aclarar y completar aspectos no comprendidos en las observaciones anteriores.

**(c)** El 29 Agosto 2005, realicé una visita de 2 semanas, autorizada por Fondecyt al Dr. Badía de la UZ (España), para terminar el trabajo (poster y paper con referee) a presentar en EUCAS´05 y en AFA´05, y avanzar en el modelo de distribución de corrientes dentro del superconductor.

**(d)** Los resultados experimentales obtenidos hasta el momento se presentaron en la EUCAS´05 y AFA´05, y el resumen saldrá en las Actas correspondientes. Simultáneamente se presentó este trabajo en forma de artículo de 4 páginas, con referee, y fue aceptado para publicación (aparentemente en Julio 2006) en **Journal of Physics: Conference Series** (IOP, UK). Mis colaboradores del CAB presentaron el trabajo en la **90ª. Reunión Argentina de Física** (La Plata, Argentina).

**(e)** Dentro del Proyecto 7050089, recibí la **visita (1 semana, Nov. 2005) del Dr. Javier Luzuriaga** del CAB. Durante su estancia se avanzó en el desarrollo del Laboratorio para investigación en Magnetismo y Superconductividad (reparación del equipo de vacío, programación del controlador de temperatura, entre otras cosas). En relación a los objetivos principales del presente proyecto 1040668, se terminó el **primer borrador** del artículo que contiene todos los resultados experimentales explicados por el modelo teórico, discutiéndolo y corrigiéndolo, en colaboración con el Dr. Badía-Majós en Zaragoza.

**(f)** El trabajo realizado en el área de la Superconductividad Aplicada, se difundió a alumnos de enseñanza básica y media, y luego al público general, en la **Feria de Física**, durante la XI Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología (MIM, Santiago, 10-16 Sept. 2005). También participé en el desarrollo del "solarímetro" entregado a 100 colegios, dentro del **Proyecto "100 Años, 100 Colegios: Radiación Solar en Chile"**.

**(g)** A fin de año, finalmente el artículo que incluye el desarrollo del modelo teórico realizado en la UZ (mediante Control Óptimo) se envió a **Superconductor Science and Tech.** (IOP, UK) y fue aceptado sin cambios 2 meses más tarde, durante febrero 2006. En la copia adjunta se puede ver un resumen del extenso trabajo experimental realizado en el CAB, y del profundo trabajo de modelización realizado en la UZ.

**(h)** El 18 Dic. 2005, hice una estadía de **4 días en el CAB** para discutir otros resultados mencionados en el trabajo de la EUCAS´05 que aún requieren más discusión y nuevos experimentos.

**(i)** Finalmente y otra vez dentro del Proyecto 7050089, recibí la visita de la **Dra. Gladys Nieva** del CAB. Durante su estancia se avanzó más en el desarrollo del criorefrigerador (colocación de un conector de 12 pin, y cableado con cable de manganina). Finalmente se preparó un plan de trabajo presentado a la Universidad de Talca y al CAB, para realizar una estancia en período sabático (1 Agosto 2006 – 31 Enero 2007) en el Grupo de Bajas Temperaturas del CAB .

## II. RESULTADOS OBTENIDOS

Describa brevemente los resultados obtenidos en el proyecto en un ***máximo de cinco páginas, tamaño carta, espacio seguido.*** Para cada uno de los objetivos específicos, describa o resuma los resultados. Relacione las publicaciones y/o manuscritos enviados a publicación con los objetivos específicos. Incluya en anexos, la información de apoyo que estime pertinente y necesaria para la evaluación.

### Primer año, 2004:

Los objetivos ("**III.3 Aims**", en el proyecto original) comprenden 4 aspectos: **(i)** estudiar el problema abierto de superconductividad aplicada, relativo a la distribución de corrientes y aparición del régimen disipativo, **(ii)** hacer investigación en Magnetismo y Superconductividad en nuestra Facultad, formando en investigación y desarrollo recursos humanos entre los alumnos de esta Facultad de Ingeniería, **(iii)** aumentar la colaboración con centros de investigación extranjeros, y **(iv)** enviar los resultados a congresos.

En cuanto a **(i) y (iv)**, se realizaron las **mediciones propuestas**, se visitó al Dr. Badía-Majós de la UZ, se avanzó más en la **modelización** del problema físico, y se comenzaron a discutir los resultados también con los colaboradores del CAB. Se envió el **abstract** a la EUCAS´05 y a AFA´05. Las observaciones y las simulaciones sugieren que una corteza (exterior) del superconductor entraría en el régimen disipativo, mientras que los perfiles de campo debidos al anclaje en el Estado Crítico, mantendrían el apantallamiento del campo en el interior del cilindro superconductor. Este resultado explicaría observaciones en otros grupos de investigación, realizadas en otros tipos de muestras y otras configuraciones multicomponentes, donde hay dos campos aplicados, o bien, campo y transporte simultáneos, como es en nuestro caso.

En cuanto a **(ii)**, el **desarrollo de la instalación de criogenia**, desde el comienzo del proyecto, selección, cotización, compra e instalación del crio-refrigerador, han permitido a una docena de alumnos avanzados e intermedios de Ingenierías Civil Industrial y en Computación, colaborar en configuración y puesta a punto del sistema de vacío, mediciones a bajas temperaturas, y análisis de señales con lock-in. Para esto han recibido semanalmente **seminarios y charlas** sobre vacío, instrumentación, magnetismo, criogenia, superconductividad y electrónica.

En cuanto a **(iii)**, las mediciones realizadas en **estancias** tanto en la Universidad de Leipzig (Fondecyt 1040666) como en el CAB (1040668), además del estudio de ambos problemas que se están llevando a cabo en nuestra Facultad, y las **visitas recibidas en nuestro Laboratorio** desde ambos sitios (P. Esquinazi, 7040046 y J. Luzuriaga, 7040043), muestran el desarrollo y la colaboración en las áreas de Magnetismo y Superconductividad, que se propusieron en ambos proyectos.

### Segundo año, 2005:

Todos los objetivos del proyecto han sido cumplidos. Hace menos de un mes han sido publicadas las observaciones y las predicciones teóricas, en Supercond. Sci. & Tech. (IOP, UK). En este trabajo se ha abordado el problema de estudiar la distribución de corriente dentro de un superconductor, en situación multicomponente, bajo campo aplicado estático y paralelo a la corriente de transporte, la cual es ciclada en el régimen disipativo. Los resultados también fueron presentados en la EUCAS´05 y AFA´05.

Se ha observado experimentalmente que el estado de magnetización en experimentos enfriando sin campo aplicado (ZFC) y enfriando la muestra con campo aplicado (FC), es un estado que colapsa hacia el de equilibrio. **En este proyecto, este fenómeno fue explicado y reproducido con el modelo desarrollado mediante el método variacional generalizado de *Control Óptimo*.** Los resultados numéricos muestran que este comportamiento está determinado por una distribución de corriente de transporte, que por razones energéticas "prefiere" ir principalmente por la corteza exterior del superconductor. En el caso de ciclos en la corriente de transporte, el flujo atrapado en experimentos FC es expulsado, y por el contrario, en experimentos ZFC, los ciclos de corriente inducen la entrada del campo desde la superficie del superconductor.

Por otra parte, también en este segundo período, más de una docena de estudiantes han podido desarrollar labores de investigación y compartir experiencias con investigadores extranjeros.

Finalmente, se ha presentado un plan de trabajo para continuar el estudio de los Modelos de Estado Crítico en Superconductores tecnológicos mediante Control Óptimo, pero en películas delgadas y cristales. Este trabajo sería preliminar para un futuro *proposal* al próximo Concurso Fondecyt Regular .

---------- * ----------

## III. PRODUCTOS GENERADOS POR EL PROYECTO

En esta sección debe incluir **todo** documento o material cuyo contenido corresponda substancialmente a los objetivos del proyecto que se informa y en los que se explicite el Nº del proyecto FONDECYT. Aténgase a los formatos que se incluyen para cada tipo de producto generado. Sólo adjunte copia de los documentos **no enviados previamente** a FONDECYT.

**Si Ud. tiene un proyecto de Incentivo a la Cooperación Internacional, destaque con (*) las publicaciones generadas como producto del mismo a continuación de las que corresponden al Regular**

### 1. Artículos en revistas científicas nacionales o extranjeras con Comité Editorial.

| | |
|---|---|
| Título del Artículo | MAGNETIZATION COLLAPSE IN POLYCRYSTALLINE YBCO UNDER TRANSPORT CURRENT CYCLES |
| Autor(es) | JL GIORDANO, J LUZURIAGA, A BADÍA-MAJÓS, G NIEVA and I RUÍZ-TAGLE |
| Nombre Completo de la Revista. | SUPERCONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY |
| Ref. bibliográfica | Año:_2006___ Vol. __**19**____ Nº _____ Pág. _385-391_ |
| Estado de la publicación a la fecha.* | **x** **Publicada**/En Prensa ☐ Aceptada ☐ Enviada ☐ En preparación |
| Otras fuentes de financiamiento, si las hay | ANPCyT PICT00-03-08937 (ARGENTINA)<br>CICyT Project BFM2003-02532 (ESPAÑA) |

| | |
|---|---|
| Título del Artículo | MAGNETIZATION MEASUREMENTS OF HARD SUPERCONDUCTORS UNDER DISSIPATIVE TRANSPORT |
| Autor(es) | JL GIORDANO, J LUZURIAGA, I RUÍZ-TAGLE, G NIEVA and A BADÍA-MAJÓS |
| Nombre Completo de la Revista. | JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES (IOP) |
| Ref. bibliográfica | Año:_2006_____ Vol. __?___ Nº __July?____ Pág. ___?___ |
| Estado de la publicación a la fecha.* | **x** Publicada/**En Prensa** ☐ Aceptada ☐ Enviada ☐ En preparación |
| Otras fuentes de financiamiento, si las hay | CICyT Project BFM2003-02532 (ESPAÑA) |

***Marque con una "X" lo que corresponda. Para trabajos En Prensa/Aceptados/Enviados adjunte copia de carta de aceptación o de envío.***

## 2. Otras publicaciones/productos.

| | | |
|---|---|---|
| Título | "SUPERCONDUCTIVIDAD APLICADA" | |
| Tipo de publicación o producto<br><br>***Marque con una "X" lo que corresponda*** | ☐ Monografía<br>☐ Libro<br>☐ Capítulo de Libro<br>☐ Mapa<br>☐ Exposición de Arte | ☐ Seminario/Taller/Curso<br>☐ Informe Técnico<br>☐ Software<br>☐ Patente |
| | **x** Otro: FERIA DE LA FÍSICA en la XI SEMANA NACIONAL DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA 'STAND' | |
| Autor(es) | JL GIORDANO, J OSSANDÓN | |
| Editor(es) (**Libros o Capítulos de Libros)** | | |
| Nombre de la Editorial/ Organización | EXPLORA - CONICYT | |
| Lugar y Fecha de Publicación | País:____CHILE_____ Ciudad: __SANTIAGO_____<br>Fecha: __10-16 OCTUBRE 2005_____ | |

| | | |
|---|---|---|
| Título | "100 AÑOS, 100 COLEGIOS: RADIACIÓN SOLAR EN CHILE" | |
| Tipo de publicación o producto<br><br>***Marque con una "X" lo que corresponda*** | ☐ Monografía<br>☐ Libro<br>☐ Capítulo de Libro<br>☐ Mapa<br>☐ Exposición de Arte | ☐ Seminario/Taller/Curso<br>☐ Informe Técnico<br>☐ Software<br>☐ Patente |
| | **x** Otro: Manual de Instrucciones | |
| Autor(es) | D ALTBIR, F CLARO, JL GIORDANO, E GRAMSCH, R LABBE, J OSSANDÓN, I OLIVARES, JC RETAMAL | |
| Editor(es) (**Libros o Capítulos de Libros)** | | |
| Nombre de la Editorial/ Organización | EXPLORA - CONICYT | |
| Lugar y Fecha de Publicación | País:____CHILE_____ Ciudad: __SANTIAGO_____<br>Fecha: __OCTUBRE 2005_____ | |

2. **Presentaciones a Congresos Nacionales e Internacionales.** *Adjunte copia del resumen o texto de la ponencia y de la tapa del libro de Resúmenes, si no la ha enviado previamente.*

## Primer Año

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | DEVELOPMENT OF A MAGNETISM AND SUPERCONDUCTIVITY LABORATORY FOR APPLIED RESEARCH (POSTER) | | |
| Autor(es) | J.L. GIORDANO, J. OSSANDON, I. RUIZ-TAGLE, K. LIZANA, F. DIAZ | | |
| Nombre del Congreso | III JORNADAS DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA, U DE TALCA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: TALCA | Fecha: 4-5 NOV. 2004 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | DESIGN OF FREQUENCY MULTIPLIER FOR THIRD HARMONIC REFERENCE (POSTER) | | |
| Autor(es) | J.L. GIORDANO, K. LIZANA | | |
| Nombre del Congreso | XIV SIMPOSIO CHILENO DE FISICA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: ANTOFAGASTA | Fecha: 17-19 NOV. 2004 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | CURRENT DISTRIBUTION MODELING IN HARD SUPERCONDUCTORS (ORAL Y POSTER) | | |
| Autor(es) | J.L. GIORDANO | | |
| Nombre del Congreso | XIV SIMPOSIO CHILENO DE FISICA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: ANTOFAGASTA | Fecha: 17-19 NOV. 2004 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | DESIGN OF A MOISTURE STANDARD ELECTRONIC EMULATOR (POSTER) | | |
| Autor(es) | J.L. GIORDANO, M. VASQUEZ, J. MARDONES, C. PEÑA | | |
| Nombre del Congreso | XIV SIMPOSIO CHILENO DE FISICA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: ANTOFAGASTA | Fecha: 17-19 NOV. 2004 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | MAGNETIZATION MEASUREMENTS OF HIGH-Tc SUPERCONDUCTORS UNDER DISSIPATIVE TRANSPORT **(SUBMITTED)** | | |
| Autor(es) | J.L. GIORDANO, J. LUZURIAGA, I. RUIZ-TAGLE, A. BADIA-MAJOS, G. NIEVA | | |
| Nombre del Congreso | 7TH EUROPEAN CONFERENCE ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY (EUCAS´05) | | |
| Lugar y Fecha | País: AUSTRIA | Ciudad: VIENA | Fecha: 11-15 SEP. 2005 |

## Segundo Año

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | MAGNETIZATION MEASUREMENT OF HARD SUPERCONDUCTORS UNDER DISSIPATIVE TRANSPORT | | |
| Autor(es) | JL GIORDANO, J LUZURIAGA, I RUÍZ-TAGLE, G NIEVA and A BADÍA-MAJÓS | | |
| Nombre del Congreso | 7th. EUROPEAN CONFERENCE ON APPLIED SUPERCONDUTIVITY (EUCAS´05) | | |
| Lugar y Fecha | País: AUSTRIA | Ciudad: VIENA | Fecha: 11-15 SEPT. 2005 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | MEDICIONES DE MAGNETIZACIÓN EN SUPERCONDUCTORES DE ALTA TEMPERATURA CRÍTICA CON SUPERPOSICIÓN DE CICLOS DE CORRIENTE, EN RÉGIMEN DISIPATIVO. | | |
| Autor(es) | JL GIORDANO, I RUÍZ-TAGLE, J LUZURIAGA, G NIEVA and A BADÍA-MAJÓS | | |
| Nombre del Congreso | 90ª. REUNIÓN NACIONAL DE FÍSICA (AFA'05) | | |
| Lugar y Fecha | País: ARGENTINA | Ciudad: LA PLATA | Fecha: 26-29 SEPT. 2005 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | DESIGN OF CURRENT AND FRECUENCY SOURCE FOR LOCK-IN DETECTION IN AC-TRANSPORT EXPERIMENTS | | |
| Autor(es) | JL GIORDANO, V IBARRA A., I CORREA L. and J OSSANDÓN G. | | |
| Nombre del Congreso | IV JORNADAS DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA. U DE TALCA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: TALCA | Fecha: 16-17 NOV 2005 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | MAGNETIZATION MEASUREMENT OF HARD SUPERCONDUCTORS UNDER DISSIPATIVE TRANSPORT | | |
| Autor(es) | JL GIORDANO, J LUZURIAGA, I RUÍZ-TAGLE, G NIEVA and A BADÍA-MAJÓS | | |
| Nombre del Congreso | IV JORNADAS DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA, U DE TALCA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: TALCA | Fecha: 16-17 NOV 2005 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Título de la Ponencia | CRYOGENIC FACILITY FOR INVESTIGATION OF SUPERCONDUCTING PROPERTIES AT THE MATERIALS RESEARCH LABORATORY, FACULTY OF ENGINEERING. U OF TALCA, CAMPUS CURICÓ. | | |
| Autor(es) | J OSSANDÓN and JL GIORDANO | | |
| Nombre del Congreso | IV JORNADAS DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA. U DE TALCA | | |
| Lugar y Fecha | País: CHILE | Ciudad: TALCA | Fecha: 16-17 NOV 2005 |

**4. Tesis y/o Memorias en ejecución y/o terminadas en el marco del proyecto.** *Adjunte copia del resumen no informado anteriormente y certificación de aprobación, si corresponde.*

| | |
|---|---|
| Título de la Tesis | |
| Nombre y Apellidos del/ de los Alumno(s) Y Tutor | |
| Título /Grado alcanzado | |
| Institución, Facultad, Departamento | |
| Lugar y Fecha | País:_____ Ciudad: _____<br>Fecha de Inicio: _____ Fecha de Término: _____ |

| | |
|---|---|
| Título de la Tesis | |
| Nombre y Apellidos del/ de los Alumno(s) Y Tutor | |
| Título/ Grado alcanzado | |
| Institución, Facultad, Departamento | |
| Lugar y Fecha | País:_____ Ciudad: _____<br>Fecha de Inicio: _____ Fecha de Término: _____ |

| | |
|---|---|
| Título de la Tesis | |
| Nombre y Apellidos del/ de los Alumno(s) Y Tutor | |
| Título/ Grado alcanzado | |
| Institución, Facultad, Departamento | |
| Lugar y Fecha | País:_____ Ciudad: _____<br>Fecha de Inicio: _____ Fecha de Término: _____ |

## IV. OTROS LOGROS DEL PROYECTO.

**Describa, si las hay, actividades tales como**:

- Estadías de investigación
- Formación de recursos humanos exceptuando lo reportado en el ítem 4.
- Cualquier otro logro no contemplado en los ítem anteriores y que Ud. quiera destacar

Dentro del **1er. Año (2004)**:

**Estancias en el C. Atómico Bariloche** (Mar.27-Abr.1, Oct.24-Nov.7, 2004)
En la **página 2**, dentro de "I. Cumplimiento ...", en la **página 3**, "otros aspectos (a) y (c)", y en la **página 5**, en "II.Resultados Obtenidos, Primer año (2004)", se describió la importancia de las 2 estancias de investigación realizadas, previstas en el plan de trabajo.

Adicionalmente, en estas estancias se visitaron en el CAB al grupo de Mecánica Computacional, para analizar futuras colaboraciones en Magnetismo Aplicado, y al Depto. de Electrónica, para discutir circuitos necesarios para el tratamiento de señales, que tendrá nuestra instalación de criogenia. En particular, se comenzó el desarrollo del circuito generador de armónicos que se presentó en el XIV Simposio Chileno de Física, y que finalmente se terminó durante el 2do. año del proyecto.

**Estancia en el Laboratorio de Magnetismo y Superconductividad de la Universidad de Leipzig** (Enero 13-28, 2005)
El principal trabajo estuvo dedicado al otro proyecto Fondecyt 1040666. Sin embargo, también se estudió el sistema de señales y adquisición de datos para el diseño de un sistema similar, adaptado a los equipos que tenemos en nuestra instalación, para experimentos en ambos Fondecyt, 1040666 y 1040668, y para futuros experimentos en Magnetismo y Superconductividad Aplicada.

Adicionalmente, se realizaron compras de componentes y conectores que no pueden encontrarse en el mercado de electrónica nacional.

**Estancia en la Universidad de Zaragoza** (Enero 29-Feb.7, 2005)
La importancia de esta visita al Dr. Badía, fue enfatizada en la pág. 3-4 en "otros aspectos (d) y (e)", en la pág. 2 dentro de "I. Cumplimiento ..." , y en la pág. 5 "objetivos (i) y (vi)" dentro de "II.Resultados Obtenidos".

Adicionalmente, se acordó seguir trabajando en Julio del mismo año (2005), durante una visita que el Dr. Badía realizó a nuestro Laboratorio en Curicó (con fondos del Depto. de Física Teórica de la UZ). Durante la 2da. Semana de esa visita, hicimos juntos una estancia en el CAB para trabajar una semana con el Dr. Luzuriaga y la Dra. Gladys Nieva, realizando mediciones en el magnetómetro SQUID (dentro de la visita programada en este proyecto).

**Seminarios impartidos en nuestro Laboratorio en el 2004** (para los estudiantes que se interesaban en ambos proyectos, **1040666** y **1040668**):
**1**-Técnicas de vacío (Mayo 25),
**2**-Bombas de vacío (Junio 8),
**3**-Detección de señales mediante amplificador Lock-in (Junio 15),
**4**-Instalación de bajas temperaturas (Junio 22),
**5**-Compuertas Digitales, Lenguaje de Conjuntos y Lógica Proposicional (Julio 27),
**6**-Lógica Combinacional y Amplificadores Operacionales (Agosto 3).

También se realizaron charlas durante la realización de trabajos, con los estudiantes que participaban en ambos proyectos (Raúl Castillo R., Francisca Díaz H., Karín Lizana R., Claudia Olave T., Elsa Valenzuela F., Jimena Toledo B., Víctor Conte P., Mariela Orrego Z.).

Dentro del **2do. Año (2005)**:

**Estancias en el Centro Atómico Bariloche** (Julio 28, 1 semana, y Diciembre 18, 4 días, 2005)
En la **página 4**, "otros aspectos (b) y (h)", en la **página 2-3**, dentro de "I. Cumplimiento ...", y en la **página 5**, en "II.Resultados Obtenidos, Segundo año (2005)", se describió la importancia de las 2 estancias de investigación realizadas, previstas en el plan de trabajo.

Aprovechando la 2da. semana de visita del Dr. Badía-Majós de la UZ, se realizó una estancia en el CAB de 1 semana, donde pudimos realizar mediciones específicas para probar los resultados teóricos, y además discutir la preparación del manuscrito a publicar y la presentación en la EUCAS´05.

En la segunda breve estancia (4 días) se discutieron resultados aún sin publicar, por no estar completamente entendidos. Está programado trabajar en esto a más tardar en Agosto 2006, durante una estancia sabática que estoy solicitando a la Universidad de Talca, para el próximo semestre. El problema está mencionado en el trabajo presentado en EUCAS´05 / AFA´05 y en la publicación que saldrá posiblemente en Julio 2006 en J. Phys.: Conf. Series (IOP). Se trata de **efectos paramagnéticos** observados en la evolución de la magnetización durante experimentos FC por encima de cierto valor de campo, que depende de la muestra superconductora en particular.

**Estancia en la Universidad de Zaragoza** (Agosto 29, 2005, 2 semanas), autorizada por Fondecyt
Como se señaló en (c) de la **pág. 4**, esta visita fue destinada a terminar el trabajo (poster y paper con referee) a presentar en EUCAS´05, y en AFA´05 y avanzar en el modelo de distribución de corrientes dentro del superconductor. Este trabajo también consistió en seguir analizando los resultados experimentales existentes.
Quiero señalar que durante esta visita esperaba terminar el manuscrito para enviar a publicar, sin embargo, debido a ciertos resultados que *aún no comprendemos completamente*, la publicación se atrasó muchísimo. Durante este año 2006 se espera volver a realizar experimentos decisivos con muestras nuevas, ya fuera del financiamiento Fondecyt. Cuando esto suceda, de todos modos, notificaré y enviaré copia de la publicación que resulte, a Fondecyt.
Esta estancia se hizo al mes de haber estado trabajando en el CAB con el Dr. Badía-Majós de la UZ, por lo cual fue muy importante también desde el punto de vista de la continuidad del trabajo.

**Conferencias invitadas en Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca en el 2005**
**1**-Chernobil: ¡Se puede repetir?, Dr. Claudio Tenreiro (Abril 13,2005)
**2**-Notable sensibilidad del $Bi_3$-Ti-Nb-$O_9$ a la Humedad Ambiental; Dr. Ricardo Ávila (Julio 6,2005)
3-Terremotos, pilas de arena, avalanchas e incendios, algunas aplicaciones de criticalidad auto-organizada; Dr. Javier Luzuriaga (Nov. 9, 2005)

**Conferencias impartidas en Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca**
1. Máquinas "Voladoras", Dr. JL Giordano (Noviembre 16,2005)

**Otras actividades relacionadas**
1. Participación (junto con E Gramsch y J Ossandón) en el diseño del "solarímetro" del Proyecto "100 Años, 100 Colegios: Radiación solar en Chile". Explora-Conicyt (Octubre 2005)
2. Billetera Electromagnética, Campaña Pública "La Física esta en todo". EXPLORA-CONICyT Diciembre 2005 – Febrero 2006. (http://www.explora.cl/otros/metro/metrocotidiana/multivia.html)
3. "La física en nuestra civilización", Columna de Opinión Diario "La Prensa", Curicó. (Junio 16,2005)

**Seminarios impartidos en nuestro Laboratorio en el 2005** (para los estudiantes que se interesaban en ambos proyectos, **1040666** y **1040668**):
**1**-Criogenia y mediciones de señales eléctricas débiles: cómo y por qué ir a bajas temperaturas (Dr. Javier Luzuriaga; Proyecto 7050089; Noviembre 2005)
**2**-Dinámica de vórtices en superconductores de alta temperatura crítica (Dra. Gladys Nieva; Proyecto 7050089; Marzo 2006)

También se realizaron charlas durante la realización de trabajos, con los estudiantes que participaban en ambos proyectos (Víctor Ibarra A., Ingrid Correa L., Francisca Díaz H., Claudia Olave T., Elsa Valenzuela F., Víctor Conte P., Natalia Cruz C., Paula Muñoz V., Alejandro Silva).

## V. RESUMEN (NO DEBE EXCEDER ESTE ESPACIO EN LETRA ARIAL 10)

Describa en forma precisa y breve el tópico general del proyecto, sus metas y objetivos y los resultados alcanzados. Utilice un lenguaje apropiado para la comprensión del público no especialista en el tema. Esta información podrá ser difundida.


**Transport Current Effects on Magnetization in High-Tc Superconductors**

A two year-long experimental project to study the effects of variable transport currents within a high-Tc superconductor (HTS) was carried-out by the Principal Investigator (PI), Dr. José Luis Giordano, in the framework of the Fondecyt Project 1040668 (2004-2005), with the collaboration of Dr. Javier Luzuriaga and Dra. Gladys Nieva of the Bariloche Atomic Center (CAB), Argentina, via Projects 7040043 (2004) and 7050089 (2005).

It has been shown that electric transport currents reduce the shielding capacity in superconducting wires. The detailed mechanism by which this phenomenon occurs is a subject of present research and technological interest. To deal with multicomponents problems, the Bean Critical State Model (CSM) should be generalized. Particularly, the flux-line cutting concept within hard superconductors was introduced in order to account for the observation of the flux-flow voltaje observed in convencional type II superconductors carrying a current in stationary parallel magnetic field.

In this project, a systematic study of the reduction of the shielding capacity of HTS measuring the DC-magnetization under varying transport current was proposed. The results will be analyzed with a generalized CSM based on the variational method, developed by the PI with collaborators of the University of Zaragoza (UZ), Spain. The project also intended to develop appropriate experience in experimental Applied Magnetism and Superconductivity in Chile, which has become an increasingly relevant field in today´s race for technological progress, and additionally, to introduce advanced engineering students of the host Faculty to Research and Development (R&D).

In this project, complementing previous work on HTSs, we obtained results of magnetization measurements and simulations in a cylindrical geometry, with transport current applied parallel to the axis and also to the static magnetic field. (1) We also show and analyze new experimental data on polycrystalline YBaCuO cylinders, for $0.75 \lesssim T/Tc \lesssim 0.95$, when an externally controlled current is cycled, reaching the dissipative regime, in field cooled (FC) and zero-field-cooled (ZFC) experiments.

As in previously reported multicomponent field configuration experiments, the irreversible magnetization is seen to collapse to a more stable state both in FC and ZFC, because the interplay between the shielding and transport currents.

The generalized CSM, modified so as to include reversible magnetization effects, allowed us to explain the main features of the observations. The longitudinal flux profiles within the sample develop a decreasing slope as transport current is applied, because of the current density $\boldsymbol{J}$ limitation ($J \lesssim J_c$). In the FC case this leads to the expulsion of trapped flux. In the ZFC case, flux penetration is induced. Both phenomena lead to the *consumption* of the irreversible magnetization.

The project also allowed us to develop experimental facility for Applied Magnetism and Superconductivity in our Lab. Moreover, many of our assistantship engineering students have been worked in differents R&D problems, and also they received technical seminars (such as Vacuum techniques, Thermometry, Electronics and Cryogenics).

(1) Giordano JL, Luzuriaga J, Badía-Majós A, Nieva G and Ruíz-Tagle I 2006 Magnetization collapse in polycrystalline YBCO under transport current cycles *Superconductor Science and Technology* **19** 385-391

## IV. OTROS LOGROS DEL PROYECTO. Describa, actividades tales como:

- Estadías de investigación
- Formación de recursos humanos exceptuando lo reportado en el ítem 4.
- Cualquier otro logro no contemplado en los ítem anteriores y que Ud. quiera destacar

**Estancias en el C. Atómico Bariloche** (Mar.27-Abr.1, Oct.24-Nov.7, 2004)
En (a) y (c) al final de I, y en (i) y (iii) dentro de II, se describió la importancia de las 2 estancias en el CAB, previstas en el plan de trabajo.

Adicionalmente, en estas estancias se visitó dentro del CAB al grupo de Mecánica Computacional, para analizar futuras colaboraciones en Magnetismo Aplicado, y al Depto. de Electrónica, para discutir circuitos necesarios para el tratamiento de señales, que tendrá nuestra instalación de criogenia. En particular, se está desarrollando un circuito generador de armónicos que se presentó en el XIV Simposio Chileno de Física.

**Estancia en el Laboratorio de Magnetismo y Superconductividad de la Universidad de Leipzig** (Enero 13-28, 2005)
El principal trabajo estuvo dedicado al otro proyecto Fondecyt 1040666. Sin embargo, también se estudió el sistema de señales y adquisición de datos para el diseño de un sistema similar, adaptado a los equipos que tenemos en nuestra instalación, para experimentos en ambos Fondecyt, 1040666 y 1040668, y para futuros experimentos en Magnetismo y Superconductividad Aplicada.

Adicionalmente, se realizaron compras de componentes y conectores que no pueden encontrarse en el mercado nacional.

**Estancia en la Universidad de Zaragoza** (Enero 29-Feb.7, 2005)
La importancia de esta visita al Dr. Badía, fue enfatizada en (d) y (e) al final de I, y en (i) y (vi) dentro de II.

Adicionalmente, se acordó trabajar en Curicó en Julio, durante una visita que el Dr. Badía realizará a nuestro Laboratorio (con fondos del Depto. de Matemática de la Univ. de Zaragoza), y viajar juntos para trabajar una semana con el Dr. Luzuriaga, realizando mediciones en el SQUID del Centro Atómico Bariloche (dentro de la visita originalmente programada en mi proyecto).

**Seminarios impartidos en nuestro Laboratorio en el 2004** (para los estudiantes que se interesaban en ambos proyectos, **1040666** y **1040668**):
**1**-Técnicas de vacío (Mayo 25),
**2**-Bombas de vacío (Junio 8),
**3**-Detección de señales mediante amplificador Lock-in (Junio 15),
**4**-Instalación de bajas temperaturas (Junio 22),
**5**-Compuertas Digitales, Lenguaje de Conjuntos y Lógica Proposicional (Julio 27),
**6**-Lógica Combinacional y Amplificadores Operacionales (Agosto 3).
También se realizaron charlas durante la realización de trabajos, con los estudiantes que participaban en ambos proyectos (Raúl Castillo R., Francisca Díaz H., Karín Lizana R., Claudia Olave T., Elsa Valenzuela F., Jimena Toledo B., Víctor Conte P., Mariela Orrego Z.).